WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 7:

G06F 9/46

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 00/43874

A1

(43) Internationales

Veröffentlichungsdatum:

27. Juli 2000 (27.07.00)

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/EP00/00317

(22) Internationales Anmeldedatum: 17. Januar 2000 (17.01.00)

(30) Prioritätsdaten:

99101122.2

21. Januar 1999 (21.01.99)

EP

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).

(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ROSS, Christopher [GB/DE]; Kirchenstr. 89, D-81675 München (DE). HANSELKA, Peter [DE/DE]; Pidinger Str. 13, D-81379 München (DE). RAICHLE, Gabriele [DE/DE]; Ambacherstr. 39, D-81476 München (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: CN, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

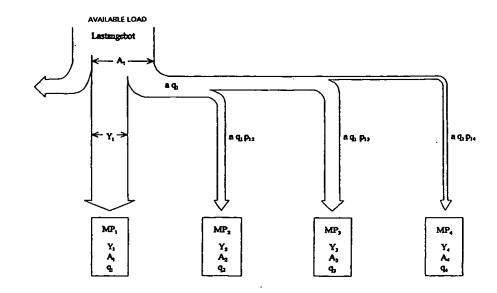
Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.

(54) Title: LOAD DISTRIBUTION METHOD FOR A MULTIPROCESSOR SYSTEM AND CORRESPONDING MULTIPROCESSOR **SYSTEM**

(54) Bezeichnung: LASTVERTEILUNGSVERFAHREN EINES MULTIPROZESSORSYSTEMS UND MULTIPROZESSORSYSTEM

(57) Abstract

The invention relates to a method for distributing a load in a real time multiprocessor system and to a corresponding multiprocessor system. A distribute quota establishing the proportion of the distributable load to actually be distributed is determined on each processor. This distribute quota is redetermined at intervals. The only information which is required by the processors for each interval of time are load value indicators, which depend on an estimated load. Probabilities indicating how the load is transferred from one processor to the others during the load distribution are also determined. Each processor then distributes its distributable load when its distribute quota exceeds a predetermined value, in accordance with said distribute quota and its load distribution factors.



Best Available Copy

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Lastverteilung in einem Realzeit-Multiprozessorsystem und ein Multiprozessorsystem, wobei auf jedem Prozessor eine Verteilquote geführt wird, die den Anteil der verteilbaren Last, der tatsächlich verteilt werden soll, festsetzt. Die Verteilquote wird in Zeitintervallen neu bestimmt. Die einzige Information, die jedes Zeitintervall von den anderen Prozessoren benötigt wird, sind Lastwertindikatoren, die von einer geschätzten Last abhängen. Zusätzlich werden Wahrscheinlichkeiten geführt, welche angeben, wie bei Lastverteilung Last von einem auf die anderen Prozessoren übertragen wird. Anschliessend verteilt jeder Prozessor anhand seiner Verteilquote und seiner Lastverteilungsfaktoren seine verteilbare Last an andere Prozessoren, wenn seine Verteilquote einen vorgegebenen Wert überschreitet.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
ΑT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	
ΑU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Senegal
ΑZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Моласо	SZ TD	Swasiland
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Tschad
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	_	Togo
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische	TJ	Tadschikistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland		Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TR	Türkei
BJ	Benin	IE	Irland	MN		TT	Trinidad und Tobago
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mongolei Mauretanien	UA	Ukraine
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi Malawi	UG	Uganda
CA	Kanada	IТ	Italien	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten vor
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE			Amerika
CG	Kongo	KE	Kenia	NL NL	Niger Niederlande	UZ	Usbekistan
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO		VN	Vietnam
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik	NZ	Norwegen	YŲ	Jugoslawien
CM	Kamerun	341	Korea Volkstephonk		Neusceland	ZW	Zimbabwe
CN	China	KR	Republik Korea	PL	Polen		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	PT	Portugal		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RO	Rumänien		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	RU	Russische Föderation		
DK	Dănemark	LK		SD	Sudan		
EE	Estland		Sri Lanka	SE	Schweden		
	est manu	LR	Liberia	SG	Singapur		

1

Beschreibung

Lastverteilungsverfahren eines Multiprozessorsystems und Multiprozessorsystem

5

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Lastverteilung in einem Multiprozessorsystem, insbesondere in einem Multiprozessorsystem eines Kommunikationssystems, bei dem anfallende Aufgaben von mehreren Prozessoren MP_i (mit i=1,2,...,n) unter Realzeitbedingungen abgearbeitet werden können und ein Multiprozessorsystem, insbesondere eines

Kommunikationssystems, mit einem Lastverteilungsmechanismus.

Ein ähnliches Verfahren zur Lastverteilung in einem

- Multiprozessorsystem, insbesondere in einem
 Multiprozessorsystem eines Kommunikationssystems, ist
 beispielsweise aus der Europäischen Patentanmeldung EP 0 645
 702 Al der Anmelderin bekannt. Diese Schrift offenbart ein
 Verfahren zum Lastenausgleich in einem Multiprozessorsystem,
- insbesondere ein Multiprozessorsystem eines
 Kommunikationssystems, bei dem anfallende Aufgaben von
 mehreren Prozessoren unter Realzeitbedingungen abgearbeitet
 werden können, wobei zur Durchführung des Lastausgleiches
 allgemein die folgenden Verfahrensschritte genannt sind:
- 25 jeder Prozessor ermittelt seinen Lastzustand in Form einer quantifizierten Größe,
 - jedem Prozessor werden die Lastzustände der anderen Prozessoren innerhalb eines Zeitrasters mitgeteilt,
- jeder Prozessor gibt in Abhängigkeit vom Überschreiten
 einer bestimmten Größe seines Lastzustandes und in Abhängigkeit von den Lastzuständen der übrigen Prozessoren zumindest einen Teil der bei ihm anfallenden Aufgaben an die übrigen Prozessoren ab, und

2

- die abgegebenen Aufgaben werden entsprechend den Lastzuständen der übrigen Prozessoren auf diese aufgeteilt.

Im Ausführungsbeispiel wird das Verfahren dahingehend konkretisiert, daß im Betrieb ständig und vor dem Einstieg in die Lastverteilung, die hier erst ab dem Erreichen einer bestimmten Überlast beginnt, Verteilungsquoten errechnet werden, nach denen die einzelnen Prozessoren im Fall der Überlast an andere Prozessoren ihre verteilbare Last abgeben.

Ist das System dauerhaft ungleichmäßig ausgelastet, so wird die Last erst bei Überlast eines oder mehrerer Prozessoren verteilt. Damit geht aber unnötige Lastabwehr einher. Die Reduktion der Überlastschwelle auf einen niedrigeren Wert führt zu keinem befriedigenden Ergebnis, weil dann unnötig

viel Last verteilt wird und es zu Schwingungszuständen kommen kann. Diese Situation ergibt sich aus der dort getroffenen Annahme, daß die Überlast oder die ungleichmäßige Belastung von kurzer Dauer ist.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes

Lastverteilungsverfahren für ein Multiprozessorsystem
anzugeben, welches rechtzeitig und "weich" einsetzt und
dadurch dauerhafte Schieflastzustände im Lastangebot ohne
Lastabwehr bewältigt. Außerdem soll auch ein entsprechendes
Multiprozessorsystem angegeben werden.

25

Die Aufgabe wird einerseits durch ein Verfahren mit den Verfahrensschritten des ersten Verfahrensanspruches und andererseits durch ein Multiprozessorsystem mit den Merkmalen des ersten Vorrichtungsanspruches gelöst.

30

35

Demgemäß schlagen die Erfinder ein Verfahren zur Lastverteilung in einem Multiprozessorsystem, insbesondere in einem Multiprozessorsystem eines Kommunikationssystems, bei dem anfallende Aufgaben von mehreren Prozessoren MP_i (mit $i=1,2,\ldots,n$) unter Realzeitbedingungen abgearbeitet werden

3

können, mit folgenden iterativen und sich in Zeitintervallen CI wiederholenden Verfahrensschritten vor:

- jeder Prozessor MPi ermittelt seinen tatsächlichen Lastzustand Yi - bestimmt gegebenenfalls direkt hieraus einen mehrwertigen Laststatus (load state) MPlsi - und schätzt in Abhängigkeit von zuvor mitgeteilten Verteilungsquoten qi (alt) (mit qi=an andere Prozessoren MPk nach Möglichkeit zu verteilender Lastanteil) und dem typischerweise verteilbaren Anteil V einer typischen Aufgabe seine angebotene Last Ai, die zu einem mehrwertigen Lastindikationswert (Balancing Indicator) MPbii führt,
 - jeder Prozessor MP_i teilt seinen Lastindikationswert $MPbi_i$ den jeweils anderen Prozessoren MP_k (mit $k=1,2,\ldots i-1,i+1,\ldots n$) mittelbar oder unmittelbar mit,
 - jeder Prozessor MP_i bestimmt seine Lastverteilungsfaktoren p_{ij} (mit j=1,2,...n) in Abhängigkeit von den Lastindikationswerten MPbi_k dieser anderen Prozessoren MP_k,
- 20 jeder Prozessor MP_i bestimmt seine Verteilungsquote q_i (neu) in Abhängigkeit von seinem tatsächlichen Lastzustand Y_i und den Lastverteilungsfaktoren p_{ij}

15

25

- jeder Prozessor MP_i verteilt anhand seiner Quote q_i und seiner Lastverteilungsfaktoren p_{ij} seine verteilbare Last an andere Prozessoren MP_k , wenn seine

Verteilungsquote $q_i \, (\text{neu})$ einen vorgegebenen Wert q_v überschreitet.

Zur Abschätzung der angebotenen Last A_i eines Prozessors MP_i 30 ist es vorteilhaft, die Formel $A_i := Y_i/(1-q_iV)$ zu verwenden.

Vorteilhaft ist auch eine Unterteilung des mehrwertigen Lastindikationswertes (balancing indicator) MPbi; in drei

4

diskrete Werte, wobei vorzugsweise die folgende Abgrenzung mit Schwellenwerten gilt: NORMAL für MPbi, wenn die Prozessorauslastung 0 bis 70% beträgt, HIGH für MPbi, wenn die Prozessorauslastung 70% bis 85% beträgt, und OVERLOAD für MPbi, wenn die Prozessorauslastung über 85% beträgt.

Vorteilhaft ist es auch, wenn eine Hysterese bei Lastzustandswechsel aufgrund von Schwellenwertüberschreitung oder Schwellenwertunterschreitung bei steigender oder fallender Prozessorauslastung eingeführt wird.

10

Außerdem kann es vorteilhaft sein, wenn der Lastindikationswert (balancing indicator) MPbi; bezüglich Änderungen einer zeitlichen Hysterese unterliegt und damit eine gewisse Trägheit erfährt. Als Hysteresegrenze können vorteilhaft Werte von 1 bis 2 Zeitintervallen CI angenommen werden.

Bezüglich des mehrwertigen Laststatus (load state) MPlsi wird als besonders bevorzugt die Annahme von vier diskreten Werten vorgeschlagen, wobei vorzugsweise angenommen wird: NORMAL für MPlsi, wenn die Prozessorauslastung unter 70% liegt, HIGH für MPlsi, wenn die Prozessorauslastung 70% bis 85%, OVERLOAD für MPlsi, wenn die Prozessorauslastung über 85% liegt und EXTREME für MPlsi, wenn dauerhaft der Lastzustand OVERLOAD vorherrscht. Auch hier kann es vorteilhaft sein, wenn der Laststatus (load state) MPlsi bezüglich Änderungen einer Hysterese unterliegt. Als Hysteresegrenze können vorteilhaft Werte von 1 bis 2 Zeitintervallen CI angenommen werden.

Weitere vorteilhafte Annahmen bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind: der typische verteilbare Anteil V einer typischen Aufgabe soll der durchschnittliche

5

oder maximale Anteil sein und als typische Bearbeitungszeit einer Aufgabe soll eine durchschnittliche oder maximale Bearbeitungszeit einer Aufgabe angenommen werden.

Vorteilhaft kann hierbei der jeweilige Durchschnittswert oder

Maximalwert eines Anteils beziehungsweise einer Aufgabe auch
während der Betriebszeit ständig ermittelt und gegebenenfalls
als gleitender Wert mitgeführt und aktualisiert in das
Lastverteilungsverfahren übernommen werden. Günstig ist es
hierbei, wenn die Zeitdauer, über die die gleitenden Werte
ermittelt werden, groß gegenüber dem Kontrollintervall CI
ist.

Besonders vorteilhaft ist es auch, wenn für den vorgegebenen Wert q_v der Verteilungsquote q_i , ab dem der Prozessor MPi verteilbare Last an andere Prozessoren MP_k verteilt, gilt: $0.05 < q_v < 0.3$, vorzugsweise $0.1 < q_v < 0.25$, vorzugsweise $q_v = 0.2$.

Weiterhin kann das erfindungsgemäße Verfahren besonders vorteilhaft ausgestaltet werden, wenn bei der Berechnung der Verteilungsguote qi die folgenden Kriterien erfüllt werden:

 $- p_{ii} := 0$

- falls MPbi_j einer mittlere Last entspricht, vorzugsweise MPbi_j=NORMAL, gilt: p_{ij} (neu) = pij (alt)+ p_{cl} /n, für j=1,...,n und $i\neq j$
- - falls MPbi_j einer Überlast entspricht, vorzugsweise MPbi_j=OVERLOAD, gilt: p_{ij} (neu) = 0
- 30 wobei vorzugsweise die p_{ij} (j=1,...,n) mit der Summe p_{sum} der p_{ij} auf 1 normiert wird und

WO 00/43874

PCT/EP00/00317

6

- als Initialisierungswert beim Beginn der Verteilungsprozesse alle p_{ij} , ausgenommen p_{ii} , gleich sind.
- Als vorteilhafte Zahlenwerte können für die Konstante p_{c1} 0,1< p_{c1} <0,5, vorzugsweise 0,2< p_{c1} <0,3 und vorzugsweise p_{c1} =0,25 angenommen werden. Ebenso ist es vorteilhaft für die Konstante p_{c2} 0,1< p_{c2} <0,5, vorzugsweise 0,2< p_{c2} <0,3, vorzugsweise p_{c2} =0,25 zu setzen. Auch kann der
- 10 Initialisierungswert der p_{ij} beim Beginn der Verteilungsprozesse gleich $(n-1)^{-1}$ gesetzt werden.

Weiterhin kann das erfindungsgemäße Verfahren besonders

15 vorteilhaft ausgestaltet werden, wenn bei der Berechnung der Lastindikationswerte MPbi; die folgenden Kriterien erfüllt werden:

- falls MPls_i der höchsten Last entspricht, vorzugsweise MPls_i=EXTREME, gilt: q_i (neu)= q_{cl} ,
- 20 falls $p_{sum} \ge 1$ gilt:
 - falls der tatsächliche Lastzustand Y_i größer als ein vorgegebener Wert threshold ist, wird q_i vergrößert mit q_i =min $\{q_i+c_{q1},1\}$,
- falls der tatsächliche Lastzustand Y_i kleiner als ein vorgegebene Wert threshold_N ist, wird q_i verkleinert mit $q_i=\max\{q_i-c_{q2},\ c_{q3}\}$, mit $0< c_{q3}< q_v$, vorzugsweise $c_{q3}=0,1$,
 - andernfalls (threshold_N $\leq Y_i \leq threshold_H$) erhält qi einen Zwischenwert zwischen den beiden oben genannten Alternativen, vorzugsweise durch lineare Interpolation
- 30 falls $p_{sum} \le 1$ gilt: $qi(neu)=qi(alt) * p_{sum}$.

Zur optimalen Ausgestaltung des Verfahrens sind für die Konstante c_{q1} die folgenden Zahlenbereiche und -werte

7

bevorzugt: 0,05<c_{q1}<0,3, vorzugsweise 0,1<c_{q1}<0,2, vorzugsweise c_{q1}=0,15. Außerdem kann für die Konstante c_{q2} vorzugsweise 0,05<c_{q2}<0,2, vorzugsweise c_{q2}=0,10 angenommen werden.

5

25

30

Bezüglich der Konstanten threshold $_N$ gilt als bevorzugter Wertebereich: 0,6< threshold $_N$ <0,8, vorzugsweise threshold $_N$ =0,7.

Bezüglich der Konstanten threshold $_{\rm H}$ gilt als bevorzugter Wertebereich: 0,7< threshold $_{\rm H}$ <0,95, vorzugsweise threshold $_{\rm H}$ =0,85.

Eine andere Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, daß zusätzlich in jedem Zeitintervall CI ein Überlastwert OL; der Prozessoren MP; ermittelt wird, der ein Maß für die Größe der Überlast ist und als Maßstab zur Überlastabwehr dient, mit $OL_i=0,1,\ldots m$, und die Verteilungsquote q_i auf jeden Fall vergrößert wird, falls OL $_i>0$ mit q_i (neu):=min{qi(alt)+ c_{q1} ,1.

Erfindungsgemäß besteht auch die Möglichkeit, eine Adaption des Lastverteilungsverfahrens an sich ändernde Randbedingungen durchzuführen, indem die oben angegebenen Konstanten (qv, pc1, pc2, qc1, qc2, threshold, threshold, Cq1, Cq2, Cq3) im Betrieb zumindest teilweise angepaßt werden.

Erfindungsgemäß wird außerdem ein Multiprozessorsystem, insbesondere eines Kommunikationssystems, mit mehreren Prozessoren MP_i (mit i=1,2,...,n) zur Ausführung anfallender Aufgaben unter Realzeitbedingungen, vorgeschlagen, wobei:

- jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seinen tatsächlichen Lastzustand Y_i zu bestimmen, -

8

gegebenenfalls direkt hieraus einen mehrwertigen Laststatus (load state) MPls $_i$ zu bestimmen – und in Abhängigkeit von zuvor mitgeteilten Verteilungsquoten q_i (alt) (mit q_i =an andere Prozessoren MP $_k$ nach Möglichkeit zu verteilender Lastanteil) und dem typischerweise verteilbaren Anteil V einer typischen Aufgabe seine angebotene Last A_i zu schätzen, die zu einem mehrwertigen Lastindikationswert (Balancing Indicator) MPbi $_i$ führt,

jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seinen Lastindikationswert $MPbi_i$ den jeweils anderen Prozessoren MP_k (mit $k=1,2,\ldots i-1,i+1,\ldots n$) mittelbar oder unmittelbar mitzuteilen,

5

25

- jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seine
 Lastverteilungswahrscheinlichkeiten p_{ij} (mit j=1,2,...n) in Abhängigkeit von den Lastindikationswerten MPbi_k dieser anderen Prozessoren MP_k zu bestimmen,
- jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seine
 Verteilquote q_i (neu) in Abhängigkeit von seinem tatsächlichen Lastzustand Y_i zu bestimmen, und
 - jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um anhand seiner Quote q_i und seiner Lastverteilungsfaktoren p_{ij} seine verteilbare Last an andere Prozessoren MP_k zu verteilen, wenn seine Verteilquote q_i (neu) einen vorgegebenen Wert q_v überschreitet.

Erfindungsgemäß kann das oben vorgeschlagene
Multiprozessorsystem so ausgestaltet werden, daß jeweils

eines der oben genannten Verfahren implementiert ist, wobei
die Implementierung durch eine entsprechende Programmierung
der Prozessoren erfolgt.

9

Es ist noch darauf hinzuweisen, daß der Index (alt) sich jeweils auf die Werte des vorhergehenden Iterationsschrittes, beziehungsweise der Index (neu) sich auf den jetzt aktuellen Iterationsschritt beziehen.

5

Der besondere Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens und des entsprechenden Multiprozessorsystems liegt darin, daß es im Gegensatz zum eingangs genannten Stand der Technik einen "weichen" Einstieg in die Lastverteilung gewährleistet und dadurch anpassungsfähiger, weniger anfällig gegen Schieflastsituationen ist und Schwingungszustände besser vermieden werden. Im Endeffekt wird hierdurch die Wahrscheinlichkeit für die Abwehr von Aufgaben, insbesondere Vermittlungsaufgaben reduziert.

15

Weitere Ausgestaltungen, zusätzliche Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnungen.

20

25

30

Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und nachstehend noch zu erläuternden Merkmale der Erfindung nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

Die Figuren zeigen im einzelnen:

- Figur 1: Flußbild des anfallenden und verteilten Lastangebotes
 - Figur 2a: Grafische Darstellung der Entscheidungen zur Aktualisierung der Lastverteilungsfaktoren p_{ij}
- Figur 2b: Grafische Darstellung der Entscheidungen zur Aktualisierung der Verteilungsquoten q_i
- 35 Figur 3: Formel zur linearen Interpolation von q_i

10

Das erfindungsgemäße Verfahren (Normal Load Balancing=NLB)
ist ein quotiertes Load Balancing Verfahren, das auf einem
Multiprozessorsystem, insbesondere in einer
Vermittlungsstelle eines Kommunikationssystems, zur

5 Verteilung anfallender Arbeitslasten auf die jeweils anderen
Prozessoren abläuft und sicherstellen soll, daß andauernde
Schieflastsituationen bewältigt und möglichst alle
angeforderten Aufgaben in möglichst kurzer Zeit abgearbeitet
werden. Nachfolgend soll eine besonders vorteilhafte
10 Ausführungsform dieses Verfahrens beschrieben werden.

Auf jedem Prozessor MP_i mit i=1,2,...,n wird eine Verteilquote q_i geführt, die den Anteil V der verteilbaren Last, der tatsächlich verteilt werden soll, festsetzt. Eine solche Quote ermöglicht einen weicheren Ein- beziehungsweise Ausstieg aus der Lastverteilung an andere Prozessoren. Auf diese Weise werden Schwingzustände und Lastschwankungen vermieden. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn ein Prozessor so viel Last an einen anderen verteilt, daß dieser wiederum überlastet wird.

15

20

Die Verteilguote qi wird jedes Zeitintervall CI neu bestimmt. Die einzige Information, die jedes CI von den anderen Prozessoren MP_k mit k=1,...i-1,i+1,...n benötigt wird, sind 25 Lastwertindikatoren (Balancing Indikatoren) MPbi, Diese Lastwertindikatoren sind - ähnlich wie die Laststatuswerte (Load States) von der Load Control - Lastzustände mit den Wertigkeiten NORMAL, HIGH oder OVERLOAD. Während der Load State anhand der tatsächlich bearbeiteten Last Yi des 30 Prozessors MPi bestimmt wird, wird der Lastwertindikatoren MPbi; aus einer Schätzung der aktuell angebotenen Last A; ermittelt. Die geschätzte angebotene Last Ai kann durch Lastverteilung erheblich mehr als die tatsächlich bearbeitete Last Yi sein und stellt die maßgebliche Größe dar, die (in 35 Form des Lastwertindikators MPbi;) ein Prozessor MP; den

anderen MP_k als Information zur Verfügung stellt.

11

Zusätzlich zur Verteilungsquote qi werden auf jedem MPi Wahrscheinlichkeiten pij geführt, welche die Wahrscheinlichkeit angeben, daß bei Lastverteilung Last vom i-ten Prozessor MPi auf den j-ten Prozessor MPj übertragen wird. Die Wahrscheinlichkeiten werden so bestimmt, daß, wenn etwa der j-te Prozessor MPj schon viel Last zu bearbeiten hat und deshalb nur wenig zusätzliche Last aufnehmen kann, das zugehörige pij kleiner ist als das Pik für einen freien MPk.

10 In Figur 1 wird das Zusammenspiel der p_{ij} und q_i
veranschaulicht. Die doppelte Indizierung "ij" der Kenngrößen
besagt, daß jeweils der Prozessor mit der Nummer des ersten
Index (hier i) jeweils eine "Spalte" von n Werten mit dem
zweiten Index (hier j) kennt. Es ist zu bemerken, daß jeder
15 Prozessor nur seine relevanten Werte (also seine Spalte)
kennt, wobei insgesamt im System eine quadratische Matrix
bekannt ist So ist zum Beispiel p_{ij} die Wahrscheinlichkeit,
daß Last vom i-ten MP auf den j-ten MP verteilt wird, wenn

der i-te MP zu viel Last hat.

- 20 In der Figur 1 ist außerdem die tatsächlich bearbeitete Last des j-ten Prozessors MP_j mit Y_j , die geschätzte angebotene Last mit A; und der Teil des Lastangebotes, der verlagert werden kann, mit a bezeichnet. Die gezeigte Lastsituation ist Überlast (OVERLOAD) auf MP_1 , auf den MP_k mit k=2,3,4 ist noch 25 Raum für zusätzliche Aufgaben. Es wird gezeigt, wie der MP_1 einen ersten Teil der Last selbst bearbeitet und den Rest a verteilt. Von diesem Rest a geht der größte Anteil an MP_3 , der kleinste Anteil an MP4, der in diesem Beispiel also schon viel eigene Last zu bearbeiten hat. Nicht eingezeichnet sind 30 die Lasten, welche die MP_k außer von MP_1 noch erhalten. Die Breite der Fließbalken stellen ein Maß für die Größe der Last dar.
- Gemäß dem Erfindungsgedanken ergibt sich also der folgende Algorithmus: Meldet der j-te Prozessor MP_{j} den Balancing Indikator NORMAL, wird auf dem jeweils betrachteten MP_{i} das

12

 p_{ij} vergrößert. Es steigt also die Wahrscheinlichkeit, daß dieser Prozessor MP_i Last an MP_j abgibt, wenn er Last verteilen muß. Wird der Balancing Indikator HIGH gemeldet, so wird das p_{ij} verkleinert. Wird der Balancing Indikator OVERLOAD gemeldet, wird p_{ij} auf Null gesetzt, so daß keine Last an den j-ten Prozessor MP_j abgegeben wird. Die Verteilungsquote q_i wird anschließend an die Bestimmung der p_{ij} verändert. Konnten viele der p_{ij} vergrößert werden, so ist die Summe der p_{ij} über j größer 1 und offenbar noch Platz auf den anderen Prozessoren MP_k. Die Verteilungsquote q_i kann also nach den Erfordernissen des (betrachteten) Prozessors verändert werden.

10

15

35

Bei hoher Last Y_i auf dem betrachteten Prozessor MP_i wird die Verteilungsquote q_i vergrößert, bei niedriger Last wird q_i verkleinert. Sind viele der p_{ij} verringert worden, dann ist die Summe der p_{ij} über j kleiner 1 und die Verteilungsquote q_i muß verringert werden.

Eine Veranschaulichung dieser Entscheidungen ist in den

20 Figuren 2a und 2b dargestellt. Die Entscheidungsdiagramme
zeigen die Aktualisierungsalgorithmen für p_{ij} (Figur 2a) und
für Verteilungsquote q_i (Figur 2b), die jedes Zeitintervall
CI für den i-ten Prozessor MP_i durchgeführt werden.

Bei dem erfindungsgemäßen Lastverteilungsverfahren (NLB) werden einige Parameter (Konstanten) benötigt, deren Wahl das Verhalten in bestimmten Lastsituationen stark beeinflussen kann. Es ergibt sich in den meisten Fällen ein Konflikt zwischen einem Lastverteilungsverfahren, das schnell auf Laständerungen reagieren kann, und einem stabilen Lastverteilungsverfahren, das nicht zu Schwingungen und zum Weiterverteilen von Aufgaben neigt. "Weiterverteilen" bedeutet hier das gleichzeitige Verteilen von eigener Last und das Bearbeiten von fremder Last auf einem Prozessor.

Folgende Parameterveränderungen bewirken ein schneller reagierendes NLB:

13

- Das stärkere Verändern von q_i mit: 0,15< c_{q1} , 0,1< c_{q2}
- Das stärkere Verändern der p_{ij} mit: 0,25< p_{c1} , 0,25< p_{c2}
- Das spätere Setzen der Lastindikationswerte MPbi; mit: threshold_H>0,7 (d.h. erst bei höherer Last 'HIGH' an die anderen Prozesssoren MPk melden)

Detailliert verläuft das bevorzugte Verfahren bei einem Multiprozessor-Kommunikationsrechner also wie folgt:

Als Dauer des Zeitintervalls (Kontrollintervall) CI des Zeitrasters, mit dem das Verfahren iterativ abläuft, wird bei den derzeit bekannten Multiprozessorsystemen der Vermittlungstechnik bevorzugt 1 bis 2 Sekunden gewählt. Es ist selbstverständlich, daß mit steigender Prozessorleistung das Zeitintervall gekürzt werden kann.

Jedes Kontrollintervall CI werden die Größen q_i , p_{ij} , $MPls_i$ und MPb_{ij} aktualisiert.

Die tatsächlich bearbeitete Last Y_i eines Prozessors MP_i wird als Prozessorlaufzeitgröße, gemessen in Erlang, ermittelt.

Die geschätzte angebotene Last A_j eines Prozessors MP_i wird aus der Verteilquote q_i des aktuellen Kontrollintervalls CI und dem geschätzten verteilbaren Anteil einer durchschnittlichen Aufgabe, zum Beispiel der Abarbeitung eines Calls, ermittelt.

Es gilt:

5

30 Die Anzahl der Prozessoren MP; im Multiprozessorsystem ist n.

 $A_i := Y_i/(1-q_iV)$, wobei V der verteilbare Anteil eines Calls ist.

35 MPls_i: Load State des i-ten MPs, kann die Werte NORMAL, HIGH, OVERLOAD oder EXTREME annehmen. Zur Berechnung des Load States wird die tatsächlich bearbeitete Last Yi herangezogen.

14

Zur Vermeidung von vorschnellen Änderungen des MPls; werden Hysteresen eingeführt. Wird etwa der MPls; von NORMAL auf HIGH gesetzt, muß Y_i > threshold, + Δ_+ sein, wohingegen, um von HIGH nach NORMAL zu kommen, Y_i < threshold, - Δ_- sein muß. Diese Vorgehensweise ist auch als High Water-Low Water Methode bekannt. Bei EXTREME muß aus systemtechnischen Gründen der Vermittlungsstelle das Verteilungsverfahren (Load Balancing) für diesen Prozessor MP; abgeschaltet werden.

- threshold_N: Ist die Normallastschwelle nach Berücksichtigung einer Hysterese wird unterhalb dieser der MPls als NORMAL geführt, oberhalb als HIGH.
- threshold_H: Hochlastschwelle nach Berücksichtigung einer
 15 Hysterese und einer lastabhängigen zeitlichen Verzögerung
 (Startindikator) wird unterhalb dieser Schwelle der MPls als
 HIGH geführt, oberhalb als OVERLOAD.
- Der Lastindikationswert (Balancing Indikator) MPbi_i des i-ten Prozessors MP_i kann die Werte NORMAL, HIGH oder OVERLOAD annehmen. Dieser wird wie der MPls_i berechnet, nur wird hier anstelle der tatsächlichen Last Y_i die geschätzte angebotene Last A_i zugrundegelegt und andere Werte für Δ_+ und Δ_- genommen, mit Δ_+ = Δ_- = 0.02.

25

30

35

Zusätzlich wird ein Overload Level OL_i des Prozessors MP_i bestimmt, der die Werte 0... 6 annehmen kann und als Quantifizierung des Überlastzustandes des Prozessors MP_i gedacht ist. Ist der $OL_i > 0$, werden Calls abgewehrt, je höher der Wert, desto wahrscheinlicher wird ein Call abgewiesen.

Die Last, die von MP_i nach MP_j verteilt werden soll, wird als Wahrscheinlichkeit p_{ij} ausgedrückt und kann somit Werte zwischen 0 und 1 annehmen.

Die Größe des Wertes p_{ij} bestimmt sich durch folgende Kriterien:

15

- Initialisiere p_{ij} mit p_{ij}:=(n-1)⁻¹
- p_{ii}:= 0, MP_i soll nicht an sich selbst verteilen.
- Falls MPbi_j=NORMAL: p_{ij} --> p_{ij} + 0.25/n, j=1,...,n, i≠j. Das alte p_{ij} kann vergrößert werden, weil auf dem Prozessor MP_j noch Platz ist.
- Falls MPbi_j=HIGH: p_{ij} --> p_{ij} 0.25/n. Das alte p_{ij} muß verkleinert werden, weil MP_j voll ausgelastet ist.
- Falls MPbij=OVERLOAD: pij = 0. Es soll keine Last an überlastete Prozessoren MPn abgeben werden.

Die neu bestimmten p_{ij} müssen noch normiert werden: Setze p_{sum} = summe (p_{ij}) über j=1,...,nund normiere (falls $p_{sum} > 0$) mit p_{ij} --> p_{ij}/p_{sum}

Anschließend wird die Verteilungsquote q_i mit den folgenden Kriterien bestimmt:

- Initialisierungswert: $q_i = 0.1$

5

- Falls der MPls; =EXTREME: qi = 0.1. Dieser MP ist so stark überlastet, daß ihn auch der Eigenanteil für einen verteilten Call überfordern würde. Deshalb kein Load Balancing, sondern nur Abwehr; das Load Balancing ist zudem aus systemtechnischen Gründen der Vermittlungsstelle nicht sinnvoll.
- 25 Falls $p_{\text{sum}} > 1$, kann offenbar mehr Last verteilt werden. Dann kann q_i nach den Erfordernissen des MP_i bestimmt werden, mit:
 - 1. Falls der $OL_i > 0$, q_i auf jeden Fall vergrößern mit: q_i --> min $\{q_i + 0.15, 1\}$
- 30 2. Falls Y_i > threshold, q_i vergrößern mit: q_i --> min { qi + 0. 15, 1}
 - 3. Falls Y_i < threshold_N, q_i verkleinern mit: q_i --> max $\{q_i$ 0.10, 0.1 $\}$.
- 4. Andernfalls, falls threshold_N < Y_i < threshold_H

 35 gilt: $q_i -- \min\{\max\{q_i + (0.25/(threshold_H threshold_N)) * (Y_i threshold_N) 0.1, 0.1\}, 1.0}$

16

Dies ist die lineare Interpolation zwischen der obigen Vergrößerung um 0.15 und der obigen Verkleinerung um 0.1. Die Formel ist nochmals in besser lesbarer Weise in der Figur 3 dargestellt.

5

- Falls p_{sum} < 1, wurde offenbar zuviel Last verteilt und q_i muß verkleinert werden mit: q_i --> q_i * p_{sum} .
- Der Prozessor MP_i verteilt Last an andere Prozessoren 10 MP_k , wenn $q_i > 0.25$ wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren weist somit die folgenden Eigenschaften und Vorteile auf:

15

25

Ein sehr geringer Informationsoverhead zwischen den am Lastverteilungsverfahren beteiligten Prozessoren. Gegenseitig bekannt sind nur wenige, vorzugsweise dreiwertige Lastzustände, die nur einmal pro Kontrollintervall

20 aktualisiert und verteilt werden.

Für jeden Prozessor gibt es eine Quote, die jedes Kontrollintervall aktualisiert wird und die den Anteil der Last regelt, die vom betrachteten Prozessor an die anderen beteiligten Prozessoren verteilt werden soll.

Für jeden Prozessor gibt es Einzelregulatoren, welche die zu verteilende Last auf die anderen Prozessoren aufteilen.

- Das Verfahren ist nicht nur als "Feuerwehrmaßnahme" konzipiert, das erst wirksam wird, wenn ein Prozessor in Überlast gerät und gegebenenfalls Aufgaben (Calls) abgewehrt werden, sondern es setzt die Lastverteilung früher und weicher ein. Dadurch können Dauerschieflastzustände besser und mit weniger abgewiesenen Aufgaben (Calls) verarbeitet
- 35 und mit weniger abgewiesenen Aufgaben (Calls) verarbeitet werden.

17

Im erfindungsgemäßen Verfahren werden die Lastzustände, die an die anderen Prozessoren verteilt werden, konsequent anhand der geschätzten angebotenen Last und nicht anhand der tatsächlich bearbeiteten Last ermittelt.

5

10

Das Verfahren benötigt kein Load Balancing Flag, das den Einstieg in die Lastverteilung regelt. Der Einstieg wird über die Verteilquote q_i geregelt. Weiterhin sind durch das Fehlen eines Load Balancing Flags gegenseitige Abhängigkeiten zwischen den Lastzuständen und dem Load Balancing Flag eliminiert worden. Dadurch ist eine nachträgliche Anpassung des Algorithmus an veränderte Bedingungen leichter möglich.

Die lastabhängige Veränderung der Einzelregulatoren

(Lastverteilungsfaktoren p_{ij}) geschieht in Abhängigkeit von der Anzahl n der an der Lastverteilung beteiligten Prozessoren. Somit ist das Verfahren unabhängig von der Anzahl der beteiligten Prozessoren.

- Die lastabhängige Veränderung der Verteilungsquoten und der Einzelregulatoren pro Kontrollintervall geschieht so, daß ein zu langsames "Heranschleichen" an den optimalen Wert vermieden wird.
- Die lastabhängige Veränderung der Einzelregulatoren vermeidet ein Verharren der Werte auf die Einstellung der vorangegangenen Lastverteilungsperiode während einer Periode ohne Lastverteilung. Es wird vielmehr auf eine Ausgangsstellung zurückgeregelt.

30

Die aus dem Stand der Technik bekannte Trägheit in der Veränderung der Quoten wurde entfernt, um ein leichteres Nachführen an die tatsächlich vorliegende Lastsituation zu ermöglichen.

18

Patentansprüche

10

15

20

25

- 1. Verfahren zur Lastverteilung in einem

 Multiprozessorsystem, insbesondere in einem

 Multiprozessorsystem eines Kommunikationssystems, bei
 dem anfallende Aufgaben von mehreren Prozessoren MPi
 (mit i=1,2,...,n) unter Realzeitbedingungen
 abgearbeitet werden können, mit folgenden iterativen und
 sich in Zeitintervallen CI wiederholenden

 Verfahrensschritten:
 - jeder Prozessor MP_i ermittelt seinen tatsächlichen Lastzustand Y_i - bestimmt gegebenenfalls direkt hieraus einen mehrwertigen Laststatus (load state) MPls_i - und schätzt in Abhängigkeit von zuvor mitgeteilten Verteilungsquoten q_i (alt) (mit q_i=an andere Prozessoren MP_k nach Möglichkeit zu verteilender Lastanteil) und dem typischerweise verteilbaren Anteil V einer typischen Aufgabe seine angebotene Last A_i, die zu einem mehrwertigen Lastindikationswert (Balancing Indicator) MPbi_i führt,
 - jeder Prozessor MP_i teilt seinen Lastindikationswert $MPbi_i$ den jeweils anderen Prozessoren MP_k (mit k=1,2,...i-1,i+1,...n) mittelbar oder unmittelbar mit.
 - jeder Prozessor MP_i bestimmt seine Lastverteilungswahrscheinlichkeiten p_{ij} (mit $j=1,2,\ldots,n$) in Abhängigkeit von den Lastindikationswerten $MPbi_k$ dieser anderen Prozessoren MP_k ,
 - jeder Prozessor MP_i bestimmt seine Verteilungsquote q_i (neu) in Abhängigkeit von seinem tatsächlichen Lastzustand Y_i und den Lastverteilungsfaktoren p_{ij}

19

- jeder Prozessor MP_i verteilt anhand seiner Quote q_i und seiner Lastverteilungsfaktoren p_{ij} seine verteilbare Last an andere Prozessoren MP_k wenn seine Verteilquote q_i (neu) einen vorgegebenen Wert q_v überschreitet.
- 2. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die geschätzte angebotene Last A_i eines Prozessors MP_i nach der Formel $A_i := Y_i / (1-q_i V)$ errechnet wird.

5

10

15

30

- 3. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der mehrwertige Lastindikationswert (balancing indicator) MPbi; drei diskrete Werte, vorzugsweise NORMAL (=0 bis 0,7), HIGH (=0,7 bis 0,85) und OVERLOAD (=0,85 bis 1) annehmen kann.
- Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 3, dadurch
 gekennzeichnet, daß der Lastindikationswert (balancing indicator) MPbi; bezüglich Änderungen einer Hysterese unterliegt.
- 5. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche,
 dadurch gekennzeichnet, daß der mehrwertige
 Laststatus (load state) MPls; vier diskrete Werte,
 vorzugsweise NORMAL (=0 bis 0,7), HIGH (=0,7 bis 0,85),
 OVERLOAD (=0,85 bis 1) und EXTREME (wenn Laststatus
 über mehrere CI OVERLOAD) annehmen kann.

6. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Laststatus (load state) MPlsi bezüglich Änderungen einer Hysterese unterliegt.

20

- 7. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Wert der tatsächlichen Last Y_i proportional zur Prozessorlaufzeit ist.
- 8. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als typischer verteilbarer Anteil V einer typischen Aufgabe CallP der durchschnittliche oder maximale Anteil ist.

5

25

- Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der durchschnittliche oder maximale Anteil einer typischen Aufgabe ständig als gleitender Durchschnitt oder gleitender Maximalwert über eine vorgegebene Zeitspanne t_D ermittelt wird.
- 10. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß für die vorgegebene Zeitspanne t_D 20 gilt: $t_D >> CI$.
 - 11. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als typische Aufgabe eine durchschnittliche oder maximale Aufgabe angenommen wird.
 - 12. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die durchschnittliche oder maximale Aufgabe ständig als gleitender Durchschnitt oder gleitender Maximalwert über eine vorgegebene Zeitspanne tp ermittelt wird.

21

- 13. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß für die vorgegebene Zeitspanne t_{E} gilt: $t_{\text{D}} >> \text{CI}$.
- 5 14. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für den vorgegebenen Wert qv der Verteilquote qi, ab dem der Prozessor MPi verteilbare Last an andere Prozessoren MPk verteilt gilt: 0,05<qv<0,3, vorzugsweise 0,1<qv<0,25, vorzugsweise qv=0,2.
 - 15. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Berechnung der Verteilquote qi die folgenden Kriterien erfüllt:
- 15 $p_{ii} := 0$

20

30

falls MPbi; einer mittlere Last entspricht, vorzugsweise MPbi;=NORMAL, gilt:

 p_{ij} (neu) = pij(alt)+ p_{c1}/n , für j=1,...,n und i \neq j

falls MPbi_j einer hohen Last entspricht, vorzugsweise MPbi_j=HIGH gilt:

 p_{ij} (neu) = pij (alt) $-p_{c2}/n$, für j=1,...,n und $i\neq j$

- falls $MPbi_j$ einer Überlast entspricht, vorzugsweise $MPbi_j$ =OVERLOAD, gilt:

 p_{ij} (neu) = 0

- 25 wobei vorzugsweise die p_{ij} (j=1,...,n) mit der Summe p_{sum} der p_{ij} auf 1 normiert wird und
 - als Initialisierungswert beim Beginn der Verteilungsprozesse alle p_{ij} , ausgenommen p_{ii} , gleich sind.
 - 16. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß für die Konstante p_{cl} gilt:

22

0,1<p_{c1}<0,5, vorzugsweise 0,2<p_{c1}<0,3, vorzugsweise p_{c1}=0,25.

- 17. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 15-16, dadurch gekennzeichnet, daß für die Konstante p_{c2} gilt: $0,1 < p_{c2} < 0,5$, vorzugsweise $0,2 < p_{c2} < 0,3$, vorzugsweise $p_{c2} = 0,25$.
- Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 15 17, dadurch gekennzeichnet, daß der
 Initialisierungswert der p_{ij} beim Beginn der
 Verteilungsprozesse gleich (n-1)⁻¹ gesetzt wird.
- Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 15 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Berechnung der Lastindikationswerte MPbi; die folgenden Kriterien erfüllt:
 - falls MPls_i der höchsten Last entspricht, vorzugsweise MPls_i=EXTREME, gilt: $q_i (neu) = q_{c1}$,
 - falls $p_{sum} \ge 1$ gilt:

20

- falls der tatsächliche Lastzustand Y_i größer als ein vorgegebener Wert threshold_H ist, wird q_i vergrößert mit q_i =min{ q_i + c_{q1} ,1},
- falls der tatsächliche Lastzustand Y_i kleiner als ein vorgegebener Wert threshold_N ist, wird q_i verkleinert mit q_i =max{ q_i - c_{q2} , c_{q3} }, mit $0 < c_{q3} < q_v$, vorzugsweise c_{q3} =0,1,
 - andernfalls (threshold_N \leq Y_i \leq threshold_H) erhält qi einen Zwischenwert zwischen den beiden oben genannten Alternativen, vorzugsweise durch lineare Interpolation
 - falls p_{sum} ≤ 1 gilt: qi(neu)=qi(alt) * p_{sum}.

23

- 20. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß für die Konstante c_{q1} gilt: $0.05 < c_{q1} < 0.3$, vorzugsweise $0.1 < c_{q1} < 0.2$, vorzugsweise $c_{q1} = 0.15$.
- 21. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 19-20, dadurch gekennzeichnet, daß für die Konstante c_{q2} gilt: 0,05< c_{q2} <0,2, vorzugsweise c_{q2} =0,10.

10
22. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 19-
21, dadurch gekennzeichnet, daß für die Konstante
threshold $_N$ gilt: 0,6 < threshold $_N$ < 0,8, vorzugsweise

threshold_N = 0,7.

5

15

- 23. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 19-22, dadurch gekennzeichnet, daß für die Konstante threshold_H gilt: 0,7 < threshold_H < 0,95, vorzugsweise threshold_H =0,85
- 24. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich ein Überlastwert OL; der Prozessoren MP; ermittelt wird, der ein Maß für die Größe der Überlast ist, mit OL;=0,1,...m und die Verteilquote q; auf jeden Fall vergrößert wird, falls OL;>0 mit q; (neu):=min{qi(alt)+cq1,1}.
- 25. Multiprozessorsystem, insbesondere eines Kommunikationssystems, mit mehreren Prozessoren MP_i (mit i=1,2,...,n) zur Ausführung anfallender Aufgaben unter Realzeitbedingungen, wobei:
 - jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seinen tatsächlichen Lastzustand Y_i zu bestimmen, -

24

5

10

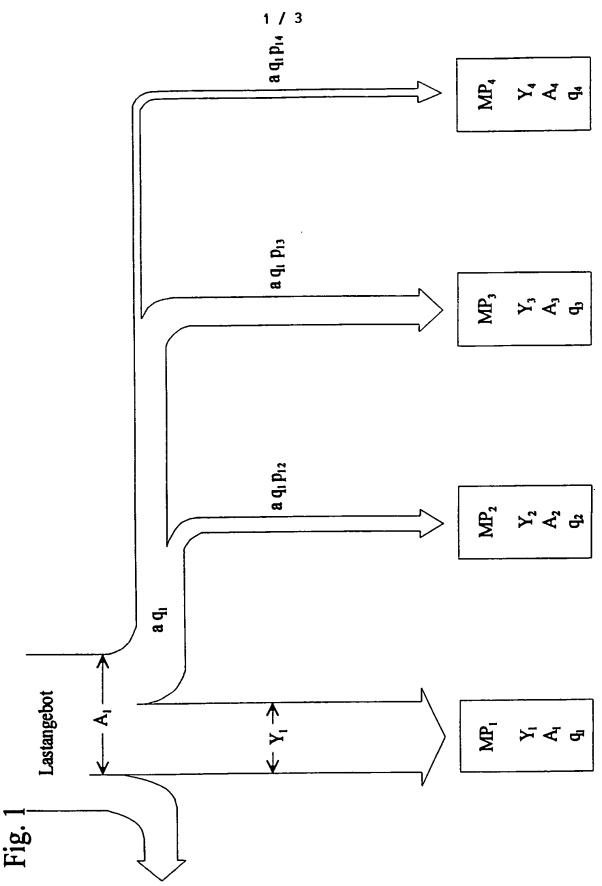
15

20

25

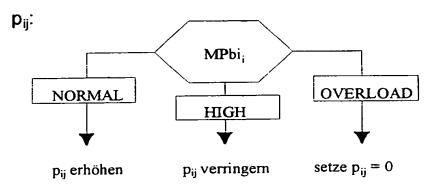
gegebenenfalls direkt hieraus einen mehrwertigen Laststatus (load state) MPlsi zu bestimmen - und in Abhängigkeit von zuvor mitgeteilten Verteilungsquoten q_i (alt) (mit q_i =an andere Prozessoren MP_k nach Möglichkeit zu verteilender Lastanteil) und dem typischerweise verteilbaren Anteil V einer typischen Aufgabe, seine angebotene Last Ai zu schätzen, die zu einem mehrwertigen Lastindikationswert (Balancing Indicator) MPbii führt, jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seinen Lastindikationswert MPbi, den jeweils anderen Prozessoren MP_k (mit k=1,2,...i-1,i+1,...n) mittelbar oder unmittelbar mitzuteilen, jeder Prozessor MPi Mittel aufweist, um seine Lastverteilungswahrscheinlichkeiten pij (mit j=1,2,...n) in Abhängigkeit von den Lastindikationswerten MPbik dieser anderen Prozessoren MPk zu bestimmen, jeder Prozessor MPi Mittel aufweist, um seine Verteilquote qi(neu) in Abhängigkeit von seinem tatsächlichen Lastzustand Yi zu bestimmen, und jeder Prozessor MPi Mittel aufweist, um anhand seiner Quote q_i und seiner Lastverteilungsfaktoren pii seine verteilbare Last an andere Prozessoren MP, zu verteilen, wenn seine Verteilquote qi(neu) einen vorgegebenen Wert qv überschreitet.

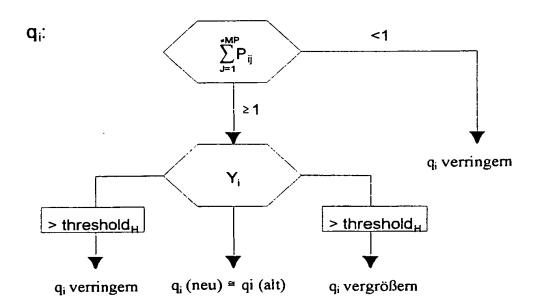
30 26. Multiprozessorsystem gemäß Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß eines der Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1-24 implementiert ist.



	,		•
		·	
			•

Fig. 2





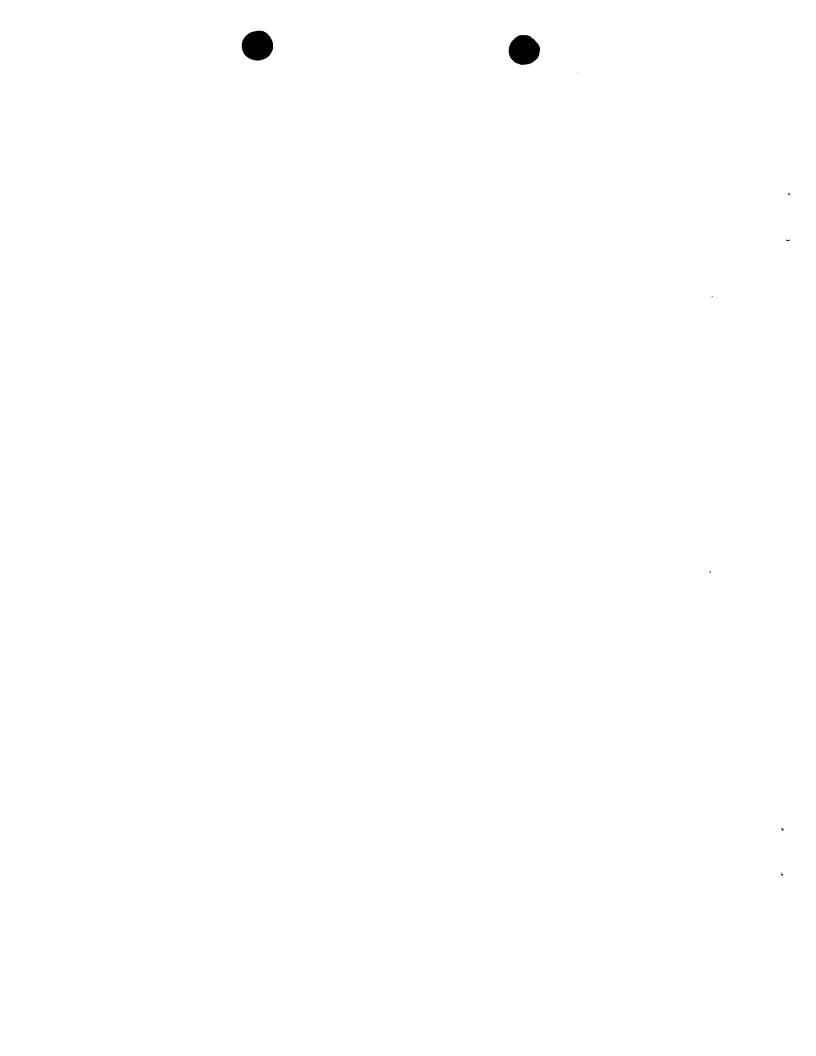
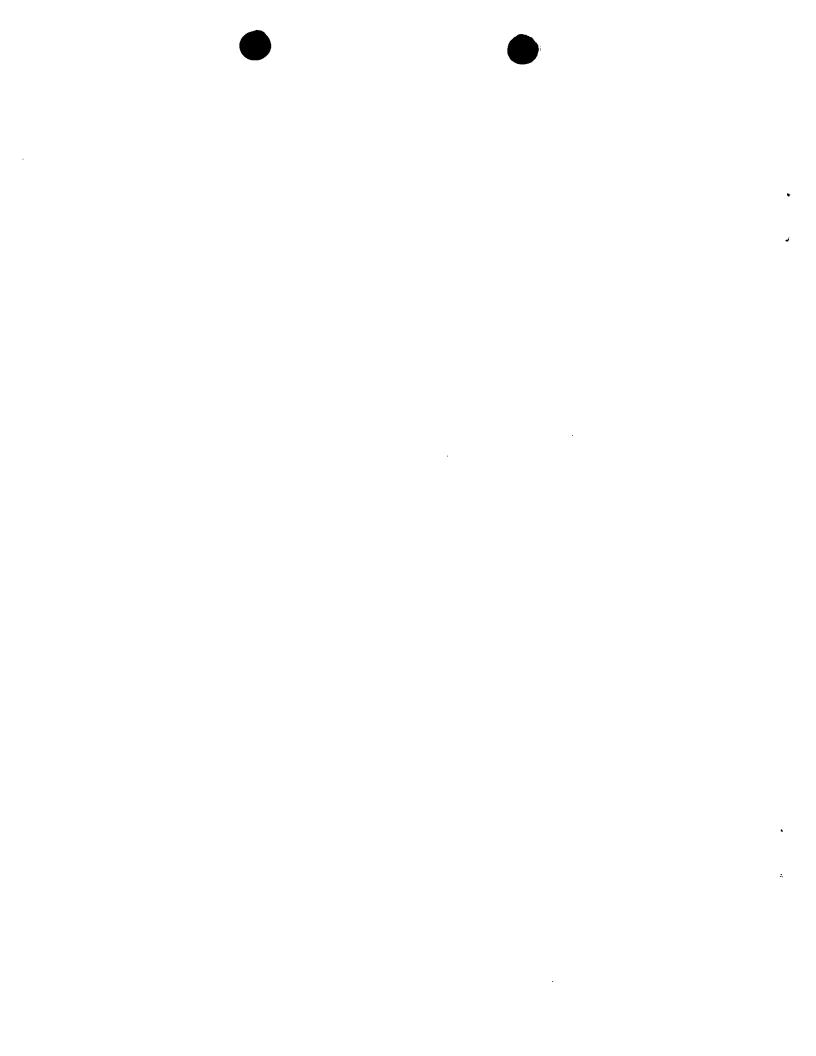


Fig. 3

$$q_i \longrightarrow min \{ max \{ q_i + \frac{0.25}{threshold_H - threshold_N} (Y_i - threshold_N) - 0.1, 0.1 \}, 1.0 \}$$







national Application No PCT/EP 00/00317

A. CLASSII IPC 7	FICATION OF SUBJECT MATTER G06F9/46		
According to	o International Patent Classification (IPC) or to both national classi	fication and IPC	
B. FIELDS			
	cumentation searched (classification system followed by classific GO6F	ation symbols)	<u> </u>
Documentat	ion searched other than minimum documentation to the extent the	at such documents are included in the fields se	earched
Electronic de	ata base consulted during the international search (name of data	base and, where practical, search terms used)
C. DOCUME	ENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the	relevant passages	Relevant to claim No.
Α	EVANS D J ET AL: "DYNAMIC LOAD USING TASK-TRANSFER PROBABILITI PARALLEL COMPUTING, vol. 19, no. 8,		1,25
	1 August 1993 (1993-08-01), pag XP000385007 page 900, paragraph 3.1 -page 9	02	
۸	page 902, paragraph 3.2 -page 9 EP 0 715 257 A (BULL SA)	03	1,25
Α	5 June 1996 (1996-06-05) the whole document		1,23
<u> </u>	her documents are listed in the continuation of box C.	X Patent family members are listed	in annex.
A docume	ant defining the general state of the art which is not tered to be of particular relevance	T° later document published after the inte or priority date and not in conflict with cited to understand the principle or th invention	the application but
"E" earlier o	document but published on or after the international date	claimed invention to be considered to	
which citation	ant which may throw doubts on priority claim(s) or is cited to establish the publication date of another n or other special reason (as specified) ent referring to an oral disclosure, use, exhibition or	involve an inventive step when the do "Y" document of particular relevance; the cannot be considered to involve an in document is combined with one or may	claimed invention ventive step when the
P docume	means ent published prior to the international filing date but han the priority date claimed	ments, such combination being obvio in the art. *&* document member of the same patent	
Date of the	actual completion of the international search	Date of mailing of the international se	arch report
2	6 May 2000	05/06/2000	
Name and r	mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk	Authorized officer	
	Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Michel, T	



P_

information on patent family members

PCT/EP 00/00317

Patent document cited in search repor	t	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0715257	A	05-06-1996	FR 2727540 A WO 9617297 A JP 10507024 T US 5993038 A	31-05-1996 06-06-1996 07-07-1998 30-11-1999

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT



I. nationales Aktenzeichen PCT/EP 00/00317

A. KLASSII IPK 7	FIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES G06F9/46				
IIK /	4001 37 40				
Nach der Int	ternationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klass	sifikation und der IPK			
B. RECHER	RCHIERTE GEBIETE				
Recherchier IPK 7	ter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbol G06F	e)			
IIK /	4001				
Recherchier	rte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, so	weit diese unter die recherchierten Gebiete	failen		
Während de	er internationalen Recherche konsuttierte elektronische Datenbank (Na	ame der Datenbank und evtl. verwendete	Suchbegriffe)		
			_		
C. ALS WE	ESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		Data Assessed No.		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe	der in Betracht kommenden Telle	Betr. Anspruch Nr.		
Α	EVANS D J ET AL: "DYNAMIC LOAD B	ALANCING	1,25		
1 ^	USING TASK-TRANSFER PROBABILITIES	π			
	PARALLEL COMPUTING, Bd. 19, Nr. 8,				
	1. August 1993 (1993-08-01), Seit	en			
	897-916, XP000385007				
	Seite 900, Absatz 3.1 -Seite 902 Seite 902, Absatz 3.2 -Seite 903				
	Serie 902, Absatz 3.2 Serie 903				
Α	EP 0 715 257 A (BULL SA)		1,25		
	5. Juni 1996 (1996-06-05) das ganze Dokument				
1	das ganze bokument				
	1				
	·				
	itere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu	Y Siehe Anhang Patentfamilie	<u> </u>		
entr	nehmen	T' Spätere Veröffentlichung, die nach den	n internationalen Anmeldedatum		
"A" Veröffi	entlichung, die den allgemeinen Stand, der Technik definiert,	oder dem Prioritätsdatum veroffentlich Anmaldung nicht kollidiert, sondern nu	k worden ist und mit der krzum Verständnis des der		
aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist Erfindung zugrundeliegenden Prinzipe oder der ihr zugrundeliegende Er älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Theorie angegeben ist					
Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Ering kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf					
scheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung					
o lice geus	der die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie eführt)	kann nicht als auf erfinderischer Tätig werden, wenn die Veröffantlichung mi	keit beruhend betrachtet t einer oder mehreren anderen		
"O" Veröff eine	n Verbindung gebracht wird und n naheliegend ist				
dem	entlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist	*& * Veröffentlichung, die Mitglied derseibe			
Datum des	s Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen R	echarcheriberic its		
	26. Mai 2000	05/06/2000			
Name und	Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter			
1	Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk				
1	Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,	Michel, T			





Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

ationales Aktenzeichen PCT/EP 00/00317

		Datum der Veröffentlichung
A 05-06-1996	0715257 A 05-06-1996 FR 2727540 A WO 9617297 A JP 10507024 T US 5993038 A	31-05-1996 06-06-1996 07-07-1998 30-11-1999
	·	

This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
FADED TEXT OR DRAWING
☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
□ OTHER:

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

This Page Blank (uspto)